

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання міждисциплінарного курсового проекту
для студентів спеціальності F7 Комп'ютерна інженерія, за освітньою
програмою «Комп'ютерні системи та мережі»
усіх форм навчання

Киричек Г.Г., Тягунова М.Ю. Методичні вказівки до виконання міждисциплінарного курсового проєкту для студентів спеціальності F7 Комп'ютерна інженерія, за освітньою програмою «Комп'ютерні системи та мережі», усіх форм навчання. Запоріжжя: Національний університет «Запорізька політехніка», 2026. 34 с.

Укладач:

Г.Г. Киричек, доцент, к.т.н.

М.Ю. Тягунова, доцент, к.т.н.

Рецензент:

Р.К. Кудерметов, доцент, к.т.н.

Відповідальний за випуск:

Г.Г. Киричек, доцент, к.т.н.

Затверджено

на засіданні кафедри КСМ

Протокол №8 від 07.04.2026

Рекомендовано до видання

НМК КНТ

Протокол №9 від 13.04.2026

ЗМІСТ

	С.
1 Загальні відомості	4
1.1 Мета роботи, об'єкт, предмет та завдання до проєктування.....	4
1.2 Календарний план та отримання завдання.....	7
1.3 Напрями проєктування та приклади тем	10
1.3.1 Кіберфізичні системи (CPS).....	11
1.3.2 Системи Інтернету речей (IoT) та edge-обчислення.....	12
1.3.3 Апаратно-програмні системи на базі ПЛІС (FPGA)	14
1.3.4 Хмарні технології та вебсервіси	16
1.3.5 Оптимізація комп'ютерних мереж і QoS.....	18
1.3.6 Сучасні мережі передачі даних	20
1.3.7 Системи штучного інтелекту в мережах і CPS	22
1.4 Наукова новизна та практичне значення результатів.....	24
2 Загальні вимоги до оформлення та захисту курсового проєкту	27
2.1 Вимоги до розділів, оформлення та обсягу пояснювальної записки.....	27
2.2 Порядок захисту курсового проєкту	30
2.3 Вимоги до оформлення пояснювальної записки	31
2.4 Вимоги до оформлення графічних документів та схем.....	31
Перелік джерел посилань	33

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Міждисциплінарний курсовий проєкт (МКП) є формою навчально-наукової роботи, що виконується здобувачем вищої освіти протягом одного семестру за обраною тематикою, яка відповідає профілю підготовки та актуальним напрямам розвитку інформаційних технологій. Вибір напрямку дослідження здійснюється студентом самостійно з урахуванням власних наукових інтересів, після чого кафедрою призначається науковий керівник та затверджується тема проєкту, узгоджена з ним.

МКП передбачає інтеграцію знань із декількох навчальних дисциплін і має бути результатом самостійної, систематичної та цілеспрямованої діяльності здобувача, спрямованої на розв'язання конкретної науково-прикладної задачі. Виконання проєкту базується на використанні сучасних методів дослідження, аналізу та проєктування, а також передбачає прояв креативного мислення, здатності до обґрунтування прийнятих рішень і формалізації отриманих результатів. Реалізація МКП здійснюється під науково-методичним керівництвом викладача з регулярним контролем проміжних результатів.

1.1 Мета роботи, об'єкт, предмет та завдання до проєктування

Метою роботи є науково обґрунтоване проєктування та розроблення оригінальної інтелектуальної кіберфізичної системи або комп'ютерної мережі, а також отримання та узагальнення результатів власного дослідження в галузі інформаційних технологій, спрямованих на створення суспільно корисних сервісів і рішень. У межах досягнення поставленої мети передбачається комплексне застосування міждисциплінарних підходів, що охоплюють принципи побудови кіберфізичних систем, технології Інтернету речей, методи

синтезу цифрових систем на ПЛІС, сучасні хмарні платформи та вебсервіси, а також методи оптимізації комп'ютерних мереж і новітні технології передачі даних. Особлива увага приділяється інтеграції апаратних і програмних компонентів у єдине адаптивне середовище, здатне до обробки великих обсягів даних у реальному часі з використанням методів штучного інтелекту. Результатом роботи має стати не лише функціональна модель або прототип системи, але й формалізовані наукові положення, що відображають ефективність запропонованих рішень, їхню масштабованість, надійність та доцільність практичного впровадження у сучасні інформаційно-комунікаційні інфраструктури [1]. Нижче наведено приклади формулювання об'єкта та предмета дослідження, які відповідають тематиці курсового проєкту та охоплюють дисципліни кіберфізичних систем, IoT, ПЛІС, хмарних технологій, мереж і штучного інтелекту [2].

Приклад 1. Об'єкт дослідження: кіберфізичні системи моніторингу та керування інфраструктурними об'єктами на основі технологій Інтернету речей. Предмет дослідження: методи та моделі інтеграції сенсорних мереж, хмарних сервісів і алгоритмів штучного інтелекту для підвищення ефективності обробки даних і прийняття рішень у реальному часі [3].

Приклад 2. Об'єкт дослідження: комп'ютерні мережі передачі даних операторського класу. Предмет дослідження: методи оптимізації маршрутизації, балансування навантаження та забезпечення якості обслуговування (QoS) з використанням інтелектуальних алгоритмів [4].

Приклад 3. Об'єкт дослідження: розподілені інформаційно-комунікаційні системи на базі хмарних технологій та вебсервісів. Предмет дослідження: архітектурні підходи та механізми оркестрації сервісів для забезпечення масштабованості, відмовостійкості та ефективного використання ресурсів [5].

Приклад 4. Об'єкт дослідження: цифрові системи обробки сигналів і даних, реалізовані на програмованих логічних інтегральних схемах (ПЛІС). Предмет дослідження [6]: методи синтезу, оптимізації та апаратної реалізації високопродуктивних обчислювальних модулів для обробки поточкових даних.

Приклад 5. Об'єкт дослідження: інтелектуальні системи аналізу даних у мережах Інтернету речей [7]. Предмет дослідження: алгоритми машинного навчання та їх адаптація для обробки великих потоків даних з урахуванням обмежень обчислювальних ресурсів.

Приклад 6. Об'єкт дослідження: гібридні кіберфізичні системи з використанням edge- та cloud-обчислень. Предмет дослідження: моделі розподілу обчислювальних задач між периферійними вузлами та хмарною інфраструктурою з метою мінімізації затримок і підвищення енергоефективності [8; 9].

Ці приклади формулювання об'єкту та предмету дослідження можна адаптувати під конкретну тему курсового проєкту, деталізуючи прикладну область («розумне місто», «промислова автоматизація», «енергетика», «транспортні системи» тощо).

Виконання проєкту спрямоване на комплексне розв'язання низки взаємопов'язаних науково-прикладних завдань, які відображають сучасні вимоги до підготовки фахівців у галузі інформаційних технологій, як приклад:

- розширення, систематизація та закріплення теоретичних знань і практичних умінь у галузі кіберфізичних систем, технологій Інтернету речей, хмарних технологій, сучасних мереж передачі даних і систем штучного інтелекту з подальшим їх застосуванням для розв'язання прикладних науково-технічних задач;

- формування здатності до інтеграції міждисциплінарних знань, зокрема у сфері синтезу цифрових систем на ПЛІС, оптимізації комп'ютерних мереж та розроблення розподілених інформаційних систем;

- розвиток навичок самостійної науково-дослідної роботи, що включає постановку задачі, вибір методів дослідження, проведення теоретичних та експериментальних досліджень, а також аналіз і інтерпретацію результатів;

- набуття практичних умінь проєктування, моделювання, реалізації та тестування сучасних інформаційно-комунікаційних систем із використанням інтелектуальних методів обробки даних;

– удосконалення навичок використання сучасних програмно-апаратних засобів, включаючи хмарні платформи, вебсервіси та апаратні рішення на базі ПЛІС;

– розвиток здатності до оптимізації параметрів і підвищення ефективності функціонування комп’ютерних мереж і кіберфізичних систем;

– формування готовності до самостійної професійної діяльності, прийняття обґрунтованих інженерних рішень та впровадження інноваційних технологій в умовах сучасного ІТ-ринку.

1.2 Календарний план та отримання завдання

Систематичне і своєчасне виконання роботи – запорука одержання якісного результату і високої оцінки.

Рекомендований графік роботи наведено в таблиці 1.1. Студент може корегувати графік в межах наведених термінів, не змінюючи терміни захисту. Назви етапів повинні формуватися, виходячи з затвердженої теми роботи.

Таблиця 1.1 - Етапи виконання курсового проєкту

№ п/п	Назва етапів курсового проєкту	Термін виконання
1	2	3
1	Затвердження теми та технічного завдання на курсовий проєкт	1-2 тижні
2	Аналіз технічного завдання та вихідних даних (аналіз структури системи або мережі, визначення вимог, оцінювання навантаження, трафіку, обчислювальних або комунікаційних ресурсів залежно від напряму проєкту)	2-3 тижні
3	Аналіз предметної області та обґрунтування актуальності рішення (дослідження існуючих підходів, технологій та архітектур, визначення недоліків і постановка задачі проєктування)	3-4 тижні
4	Вибір базових технологій та засобів реалізації (порівняння та обґрунтування вибору мережевих технологій, IoT-протоколів, хмарних платформ, FPGA-рішень або AI-методів)	4-5 тижні

Кінець таблиці 1.1

1	2	3
5	Проектування архітектури системи (мережі) (розроблення структурної, функціональної та логічної моделі системи, визначення взаємодії компонентів)	5-6 тижні
6	Проектування підсистем та ключових компонентів (мережеві сегменти, IoT-вузли, хмарні сервіси, edge-компоненти або апаратні модулі - залежно від напрямку)	6-7 тижні
7	Розроблення моделей, схем та алгоритмів роботи системи (діаграми процесів, моделі взаємодії, алгоритми маршрутизації, обробки даних, керування або аналізу)	7-8 тижні
8	Розрахунок основних параметрів системи (оцінка продуктивності, затримок, пропускної здатності, навантаження, ресурсів або енергоспоживання)	8-9 тижні
9	Моделювання системи (перевірка працездатності та ефективності запропонованих рішень у типових або навантажених режимах)	9-10 тижні
10	Розроблення заходів щодо забезпечення надійності та безпеки (мережева, інформаційна або системна безпека, резервування, відмовостійкість, захист даних)	10-11 тижні
11	Оформлення графічного матеріалу (структурні та функціональні схеми, топології, діаграми, моделі, алгоритми, архітектурні рішення)	11-12 тижні
12	Оформлення пояснювальної записки (систематизація результатів проекту відповідно до вимог стандартів оформлення)	13-14 тижні
13	Підготовка до захисту та захист курсового проекту (узагальнення результатів, презентація технічних рішень, обґрунтування вибору технологій та методів)	15-16 тижні

Відповідно до теми **керівник затверджує** технічне завдання на курсовий проект, враховуючи терміни виконання окремих етапів проекту та проекту в цілому (рекомендований термін – перші 2 тижні від початку семестру).

У завданні на виконання курсового проекту необхідно чітко визначити назву проекту відповідно до обраного напрямку розробки (мережі передачі даних, кіберфізичні системи, IoT-інфраструктури, хмарні платформи, системи штучного інтелекту тощо), а також сформулювати повний комплекс вихідних даних для проектування. До таких даних належать: кількість об'єктів, що підключаються до системи (населені пункти, вузли мережі, промислові об'єкти, IoT-пристрої або кінцеві користувачі), кількість і типи мережевого, серверного та клієнтського обладнання, характеристики фізичного середовища передачі даних (оптичні, мідні або бездротові канали зв'язку), а також базові технології,

які застосовуються у проєкті (FPGA та IoT-рішення, IP/MPLS, Carrier Ethernet, SDN, xDSL, 5G, технології хмарних та edge-обчислень, залежно від предметної області).

У межах завдання також визначається перелік основних розділів проєкту, який відображає логіку його виконання і може включати аналіз предметної області, обґрунтування архітектури системи або мережі, проєктування адресації та маршрутизації або взаємодії компонентів, розроблення функціональної та структурної моделі, вибір технологій реалізації, виконання розрахунків або моделювання, а також оцінювання ефективності, продуктивності чи надійності запропонованого рішення.

Окремо формується перелік графічного матеріалу, який повинен містити функціональні та структурні схеми, моделі взаємодії компонентів (у тому числі IoT, cloud, edge або AI-систем залежно від напрямку), схеми адресації та маршрутизації для мережевих проєктів, алгоритми роботи системи або її підсистем, діаграми потоків даних, станів чи процесів, а також, за потреби, імітаційні або аналітичні моделі.

Календарний графік виконання курсового проєкту формується студентом самостійно за зразком календарного плану та обов'язково узгоджується з науковим керівником; він має відображати послідовність етапів реалізації проєкту відповідно до логіки побудови обраної системи або мережі, включаючи аналіз вимог, проєктування архітектури, виконання розрахунків або моделювання, а також підготовку пояснювальної записки та графічних матеріалів, і повинен бути узгоджений із загальними етапами проєктування магістральної або розподіленої інфраструктури в межах заданого об'єкта дослідження.

Рекомендований загальний тематичний план роботи над проєктом наведено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Загальний тематичний план роботи над проєктом

Номер тижня	Пояснювальна записка	Презентація для захисту
1	Реферат	Слайд 1. Актуальність роботи
2	Вступ	Слайд 2. Мета і завдання роботи
3	Розділ 1. Аналіз аналогів в залежності від обраної теми	Слайд 3. Аналогічні системи/ технології/ протоколи/ інструменти/ тощо
4		Слайд 4. Особливості аналогів (наприклад, у вигляді таблиці переваг та недоліків)
5		
6	Розділ 2. Проєктування системи (мережі) <i>або</i> Опис основних етапів дослідження	Слайд 5. Вимоги до системи (мережі)
7-8		Слайд 6. Структура системи (мережі) <i>або</i> Слайд 6. Перелік основних етапів дослідження
9		Слайд 7. Блок-схема алгоритму роботи системи (мережі) <i>або</i> Слайд 7. Блок-схема алгоритму проведення дослідження
10	Розділ 3. Реалізація системи (мережі) <i>або</i> Результати дослідження	Слайд 8. Обрані програмні засоби для розробки
11-13		Слайд 9. Обране апаратне забезпечення системи (мережі)
		Слайд 10. Змодельована система (мережа) в обраному програмному забезпеченні
14		<i>або</i> Слайди 8-10. Результати дослідження
15-16	Висновки	Слайд 11. Висновки Слайд 12. Перелік джерел посилання

1.3 Напрями проєктування та приклади тем

Нижче наведено узагальнені напрями проєктування, сформовані з урахуванням змісту дисциплін «Кіберфізичні системи», «Технології Інтернету речей», «Теорія синтезу цифрових систем на ПЛІС», «Хмарні технології та вебсервіси», «Методи оптимізації комп'ютерних мереж», «Сучасні технології

мереж передачі даних» і «Системи штучного інтелекту», а також приклади можливих тем курсових проєктів.

1.3.1 Кіберфізичні системи (CPS)

Цей напрям охоплює дослідження та проєктування кіберфізичних систем, у яких фізичні процеси тісно інтегровані з обчислювальними, мережевими та керуючими компонентами в єдину інфраструктуру. Основний акцент робиться на забезпеченні безперервної взаємодії між фізичним і цифровим (cyber) середовищами, що дозволяє реалізовувати концепцію цифрових двійників, коли створюється точна віртуальна копія реального об'єкта або системи реального часу. Важливою складовою є синхронізація процесів збору даних, їх передачі, обробки та прийняття рішень із мінімально можливими затримками. У межах напряму досліджуються розподілені архітектури CPS, багаторівневі моделі обробки даних (edge–fog–cloud), а також методи інтеграції сенсорних мереж і пристроїв, які виконують різні дії. Особлива увага приділяється алгоритмам керування складними динамічними системами, які функціонують в умовах невизначеності та змінних навантажень. Інтеграція технологій Інтернету речей, хмарних обчислень і штучного інтелекту дозволяє створювати адаптивні та самонавчальні кіберфізичні системи, здатні до автономного прийняття рішень. Окремо розглядаються питання кібербезпеки, стійкості до відмов, масштабованості та забезпечення надійності критичних інфраструктур. Практичне застосування охоплює «розумні» міста (будинки), рішення для сільського господарства, промислову автоматизацію, енергетичні системи, транспортні мережі та об'єкти критичної інфраструктури.

Приклади тем:

- проєктування кіберфізичної системи моніторингу та керування енергоспоживанням у «розумній» будівлі;

- розроблення системи CPS для керування мікрокліматом із використанням IoT та машинного навчання;
- дослідження архітектури кіберфізичних систем для промислової автоматизації в умовах реального часу;
- моделювання кіберфізичної системи керування транспортними потоками в міській інфраструктурі;
- розроблення CPS для моніторингу та діагностики стану критичної інфраструктури;
- проектування системи автоматизованого управління виробничими процесами з використанням CPS;
- розроблення адаптивної системи керування «розумним містом» на основі IoT та AI;
- проектування багаторівневої CPS-архітектури (edge-fog-cloud) для промислових застосувань;
- розроблення системи виявлення аварійних ситуацій у критичній інфраструктурі;
- розроблення CPS для моніторингу стану транспортної інфраструктури в реальному часі;
- розроблення системи автономного керування роботизованими об'єктами на основі CPS;
- моделювання взаємодії IoT-пристроїв у кіберфізичному середовищі;
- розроблення кіберфізичної системи прогнозування відмов у промислових об'єктах.

1.3.2 Системи Інтернету речей (IoT) та edge-обчислення

Даний напрям охоплює проектування та дослідження розподілених сенсорних і виконавчих систем, які забезпечують безперервний збір, передачу

та попередню обробку даних у реальному часі. Основна увага приділяється архітектурам IoT-систем, що включають кінцеві пристрої, шлюзи (gateways), edge-вузли та хмарні платформи як єдину інтегровану інфраструктуру. Ключовим аспектом є врахування обмежень ресурсів IoT-пристроїв, зокрема енергоспоживання, обчислювальної потужності, обсягу пам'яті та пропускної здатності каналів зв'язку. У цьому контексті досліджуються енергоефективні протоколи передачі даних, механізми адаптивної передачі інформації та методи оптимізації мережевого трафіку. Особливу роль відіграють edge- та fog-обчислення, які дозволяють виконувати частину аналітичних і керуючих функцій безпосередньо поблизу джерела даних, що суттєво зменшує затримки та навантаження на хмарну інфраструктуру. Розглядаються підходи до інтеграції IoT із хмарними сервісами, забезпечення масштабованості систем та їх здатності до саморегуляції в умовах динамічних навантажень. Окремо досліджуються питання безпеки IoT-систем, включаючи автентифікацію пристроїв, захист каналів передачі даних та запобігання несанкціонованому доступу. Практичне застосування напряду охоплює «розумні» міста (будинки), рішення для сільського господарства, промисловий IoT, транспортні системи, екологічний моніторинг та інфраструктурні системи реального часу.

Приклади тем:

- розроблення IoT-системи моніторингу стану довкілля з використанням edge-аналітики;
- проектування системи «розумного будинку» з інтеграцією хмарних сервісів та мобільного керування;
- дослідження енергоефективних протоколів передачі даних для IoT-мереж із обмеженими ресурсами;
- розроблення системи збору та аналізу даних у транспортній інфраструктурі на базі IoT;
- оптимізація архітектури IoT-системи для зменшення затримок у передачі даних;
- проектування edge-обчислювальної системи для попередньої обробки

сенсорних даних;

- розроблення IoT-платформи для моніторингу енергоспоживання в «розумних» будівлях;
- дослідження механізмів масштабування IoT-систем у хмарно-крайовій (cloud-edge) архітектурі;
- розроблення системи екологічного моніторингу з використанням розподілених сенсорних мереж;
- аналіз методів оптимізації трафіку в IoT-мережах із великою кількістю вузлів;
- дослідження безпеки IoT-пристроїв і методів захисту каналів передачі даних;
- проектування системи розумного транспорту з використанням IoT-сенсорів;
- розроблення архітектури IoT-системи з підтримкою хмарної аналітики даних;
- оптимізація енергоспоживання IoT-пристроїв у розподілених мережах;
- розроблення системи збору даних із бездротових сенсорних мереж (WSN);
- інтеграція IoT-пристроїв із хмарною платформою через API та MQTT-протокол;
- дослідження затримок у edge-архітектурах IoT-систем;
- проектування адаптивної IoT-системи з автоматичним масштабуванням навантаження.

1.3.3 Апаратно-програмні системи на базі ПЛІС (FPGA)

Даний напрям охоплює дослідження, проектування та реалізацію високопродуктивних цифрових систем із використанням програмованих

логічних інтегральних схем (ПЛІС / FPGA). Основний акцент робиться на апаратному синтезі обчислювальних алгоритмів, оптимізації цифрових структур та побудові паралельних обчислювальних архітектур. ПЛІС дозволяють реалізовувати спеціалізовані апаратні рішення, що забезпечують суттєве підвищення продуктивності порівняно з традиційними програмними реалізаціями. У межах напряму досліджуються методи високорівневого та низькорівневого синтезу цифрових схем, оптимізація використання логічних ресурсів, пам'яті та тактових доменів, а також зменшення затримок обробки даних. Особлива увага приділяється задачам апаратного прискорення обробки потокових даних, сигналів та мультимедійної інформації, що є критично важливим для систем реального часу. Розглядаються аспекти енергоефективності, масштабованості та забезпечення детермінованої продуктивності. Окремим напрямом є інтеграція FPGA із сучасними системами штучного інтелекту та IoT, зокрема реалізація edge-обчислень, де частина інтелектуальних алгоритмів виконується безпосередньо на апаратному рівні. Також досліджуються підходи до побудови гібридних систем CPU–FPGA та їх застосування у телекомунікаційних, вбудованих і високонавантажених обчислювальних середовищах.

Приклади тем:

- синтез та реалізація апаратного прискорювача обробки потокових даних на ПЛІС;
- проектування високошвидкісного цифрового фільтра для обробки сигналів IoT-пристроїв;
- розроблення FPGA-модуля для обробки відеопотоку в режимі реального часу;
- оптимізація архітектури обчислювальних блоків для алгоритмів машинного навчання на ПЛІС;
- реалізація системи розпізнавання сигналів та подій на базі FPGA;
- проектування апаратного прискорювача реалізації криптографічних алгоритмів на ПЛІС;

- розроблення системи обробки аудіосигналів у реальному часі на FPGA;
- моделювання та реалізація багатоканального цифрового процесора сигналів (DSP);
- оптимізація використання ресурсів ПЛІС при реалізації складних алгоритмів обробки даних;
- розроблення FPGA-рішення для edge-обчислень у IoT-системах;
- реалізація системи детектування об'єктів у відеопотоці на базі ПЛІС;
- дослідження архітектури CPU–FPGA для гібридних обчислювальних систем;
- розроблення цифрової системи кодування та декодування сигналів зв'язку;
- оптимізація затримок у конвеєрних обчислювальних структурах на FPGA;
- проектування апаратної реалізації алгоритмів цифрової обробки зображень;
- розроблення системи збору та попередньої обробки сенсорних даних на ПЛІС;
- аналіз ефективності паралельних обчислень у FPGA-архітектурах.

1.3.4 Хмарні технології та вебсервіси

Даний напрям охоплює комплексне проектування, розроблення та дослідження розподілених інформаційних систем із використанням сучасних хмарних платформ (IaaS, PaaS, SaaS). Основний акцент робиться на побудові масштабованих, відмовостійких та високодоступних сервісів, здатних обробляти великі обсяги даних у реальному часі. Розглядаються архітектурні підходи до побудови хмарних систем, включаючи монолітні та мікросервісні моделі, а також їх еволюцію в напрямі сервіс-орієнтованих і подієво-орієнтованих архітектур. Важливою складовою є застосування контейнеризації

(Docker) та систем оркестрації (Kubernetes), що забезпечують автоматизоване розгортання, масштабування та управління життєвим циклом сервісів. Значна увага приділяється балансуванню навантаження, оптимізації використання обчислювальних ресурсів і забезпеченню стабільної продуктивності систем при пікових навантаженнях. Окремо досліджуються механізми відмовостійкості, резервування, реплікації даних та забезпечення безперервності сервісів (high availability, disaster recovery). Не менш важливим є аспект інформаційної безпеки: автентифікація, авторизація, захист API, шифрування даних та управління доступом у розподілених середовищах. Також розглядаються підходи до побудови безпечних API-шарів для взаємодії між сервісами та зовнішніми системами. Напрямок має широке прикладне значення для IoT-платформ, систем аналітики великих даних, корпоративних інформаційних систем та хмарних сервісів реального часу.

Приклади тем:

- створення хмарної платформи для збору та аналізу даних IoT;
- створення API-шлюзу для безпечної взаємодії мікросервісів у хмарній інфраструктурі;
- розроблення системи моніторингу та аналізу продуктивності хмарних сервісів;
- дослідження ефективності контейнеризації у розгортанні мікросервісних застосунків;
- проектування системи оркестрації контейнерів для автоматичного масштабування сервісів;
- розроблення хмарного сервісу для обробки поточкових даних із IoT-пристроїв;
- дослідження механізмів disaster recovery у хмарних інфраструктурах;
- розроблення системи управління ресурсами в Kubernetes-кластерах;
- проектування безпечної хмарної платформи з багаторівневою системою доступу;
- розроблення вебсервісу для централізованого моніторингу мережевих

параметрів;

- дослідження продуктивності мікросервісної архітектури у порівнянні з монолітною;
- розроблення системи логування та аналітики подій у хмарному середовищі;
- інтеграція IoT-пристроїв із хмарною платформою через API Gateway;
- проєктування системи автоматичного масштабування вебзастосунків (auto-scaling);
- дослідження безпеки API у розподілених хмарних системах;
- розроблення архітектури edge–cloud системи для обробки даних у реальному часі.

1.3.5 Оптимізація комп'ютерних мереж і QoS

Цей напрям орієнтований на підвищення ефективності функціонування комп'ютерних мереж із фокусом на механізмах адресації та маршрутизації як ключових складових мережного рівня. Особлива увага приділяється дослідженню сучасних схем IP-адресації, ієрархічної організації адресного простору, застосуванню протоколів динамічної маршрутизації та їх оптимізації в умовах зростаючих обсягів трафіку. У межах напрямку аналізуються алгоритми вибору маршрутів, включаючи адаптивні та інтелектуальні підходи, що враховують змінні параметри мережі, такі як затримки, перевантаження та втрати пакетів. Значна увага приділяється питанням масштабованості адресних просторів, ефективному використанню маршрутних таблиць і зменшенню накладних витрат на маршрутизацію. Окремим аспектом є дослідження взаємодії між адресацією та якістю обслуговування (QoS), а також впливу схем адресації на ефективність балансування навантаження та сегментацію мереж. Розглядаються сучасні підходи до централізованого керування маршрутизацією

в програмно-керованих мережах (SDN), що відкривають можливості для гнучкого та динамічного управління потоками даних. У практичному аспекті цей напрям спрямований на розроблення та обґрунтування методів оптимізації адресації й маршрутизації, які забезпечують підвищення продуктивності, надійності та адаптивності мережевих інфраструктур у реальних умовах експлуатації.

Приклади тем:

- оптимізація маршрутизації трафіку в мережах передачі даних із використанням AI;
- дослідження ефективності ієрархічної IP-адресації для масштабованих корпоративних мереж;
- аналіз та порівняння протоколів динамічної маршрутизації (OSPF, IS-IS, BGP) у гетерогенних мережах;
- розроблення моделі оптимального розподілу IP-адресного простору в великих мережах;
- оптимізація маршрутних таблиць для зменшення затримок і навантаження на мережеві пристрої;
- дослідження впливу схеми адресації IPv6 на продуктивність і масштабованість мережі;
- інтелектуальна оптимізація маршрутизації з використанням алгоритмів машинного навчання;
- аналіз ефективності політик маршрутизації в умовах перевантажених мереж;
- дослідження взаємодії механізмів QoS та маршрутизації в IP-мережах;
- розроблення системи адаптивної маршрутизації з урахуванням затримок та втрат пакетів;
- оптимізація балансування трафіку в розподілених мережах із використанням багатокрокової маршрутизації;
- моделювання впливу адресації на ефективність сегментації мережі та безпеку трафіку;

- дослідження методів агрегації маршрутів для зменшення навантаження на маршрутизатори;
- аналіз масштабованості протоколів маршрутизації у великих ISP-мережах;
- оптимізація маршрутизації в умовах неоднорідних мережевих середовищ (wired/wireless/IoT);
- моделювання впливу перевантаження каналів на процеси маршрутизації та QoS;
- оптимізація маршрутизації в мережах із високою мобільністю вузлів.

1.3.6 Сучасні мережі передачі даних

Напрямок передбачає поглиблене дослідження сучасних архітектур і технологій побудови мереж передачі даних із акцентом на високопродуктивні транспортні рішення операторського класу. Особлива увага приділяється технологіям багатопроTOCOLЬНОЇ комутації міток (MPLS) та Carrier Ethernet, які забезпечують гнучке керування трафіком, підтримку якості обслуговування (QoS) і ефективну реалізацію сервісно-орієнтованих мереж. У межах напрямку розглядаються принципи організації віртуальних приватних мереж, інженерія трафіку (Traffic Engineering), а також інтеграція механізмів адресації та маршрутизації в багаторівневих мережевих інфраструктурах. Значна увага приділяється технологіям доступу та транспорту даних, зокрема сучасним варіантам xDSL, що забезпечують широкосмуговий доступ, а також оптичним транспортним мережам, таким як SDH, OTN та DWDM. Досліджуються їхні архітектурні особливості, принципи мультиплексування, забезпечення відмовостійкості та масштабування пропускнуої здатності. Окремий акцент робиться на взаємодії цих технологій із програмно-керованими мережами (SDN) та віртуалізацією мережевих функцій (NFV), що відкриває можливості

для автоматизації управління, централізованого контролю та гнучкої адаптації мереж до змінних умов експлуатації. З практичної точки зору, даний напрям орієнтований на формування компетенцій щодо проектування мультисервісних транспортних мереж або мереж операторського класу, здатних забезпечити високий рівень продуктивності, масштабованості, надійності та якості обслуговування в умовах зростаючих обсягів трафіку та конвергенції телекомунікаційних сервісів.

Приклади тем:

- проектування сегмента мережі 5G для IoT-застосувань;
- проектування мультисервісної транспортної мережі операторського класу на основі MPLS із підтримкою QoS та Traffic Engineering;
- дослідження архітектури Carrier Ethernet для побудови масштабованих корпоративних та операторських мереж;
- аналіз і моделювання механізмів інженерії трафіку в MPLS-мережах із забезпеченням балансування навантаження;
- проектування широкосмужової мережі доступу на базі сучасних технологій xDSL з урахуванням параметрів якості сервісу;
- дослідження принципів побудови оптичних транспортних мереж OTN як основи магістральної інфраструктури зв'язку;
- моделювання та аналіз технології SDN у сучасних телекомунікаційних системах і її інтеграція з IP-мережами;
- проектування DWDM-інфраструктури для високошвидкісної передачі даних у магістральних каналах зв'язку;
- порівняльний аналіз ефективності MPLS та Carrier Ethernet у транспортних мережах нового покоління;
- інтеграція SDN-контролерів із MPLS/Carrier Ethernet інфраструктурою для автоматизації керування мережею;
- розроблення гібридної транспортної мережі на основі OTN та IP/MPLS із забезпеченням відмовостійкості та масштабованості.

1.3.7 Системи штучного інтелекту в мережах і CPS

Цей напрям охоплює застосування методів штучного інтелекту для аналізу, моделювання, оптимізації та інтелектуального керування складними розподіленими інформаційно-комунікаційними системами. Основний акцент робиться на використанні методів машинного навчання, глибоких нейронних мереж, статистичного аналізу даних та алгоритмів інтелектуального прийняття рішень. У межах напрямку розглядаються задачі обробки великих потоків даних, що надходять із мережевих інфраструктур, IoT-пристроїв та кіберфізичних систем у режимі реального часу. Важливою складовою є виявлення аномалій у мережевому трафіку та поведінці систем, що дозволяє підвищувати рівень кібербезпеки та забезпечувати проактивне реагування на інциденти. Особливу увагу приділено прогнозуванню стану мережевих ресурсів, навантаження та якості обслуговування, що є критично важливим для побудови адаптивних і саморегульованих систем. Інтеграція штучного інтелекту з IoT та CPS дозволяє створювати інтелектуальні середовища з можливістю автономного управління фізичними процесами. Також досліджуються питання ефективності алгоритмів з урахуванням обмежених обчислювальних ресурсів, що особливо актуально для edge- та fog-обчислень. Розглядаються підходи до оптимізації мережевих процесів, маршрутизації, розподілу ресурсів та управління трафіком на основі інтелектуальних моделей. Практичне значення напрямку полягає у створенні адаптивних, самонавчальних і стійких до відмов систем, які застосовуються в кібербезпеці, телекомунікаціях, промисловій автоматизації та «розумних» інфраструктурах.

Приклади тем:

- розроблення системи прогнозування навантаження мережі з використанням ML;
- прогнозування навантаження комп'ютерної мережі з використанням моделей глибокого навчання (Deep Learning);

- інтелектуальна система управління IoT-інфраструктурою з адаптивним розподілом ресурсів;
- використання нейронних мереж для оптимізації маршрутів у комп'ютерних мережах;
- аналіз та класифікація мережевого трафіку з використанням алгоритмів штучного інтелекту;
- розроблення системи виявлення кібератак у реальному часі на основі ML-алгоритмів;
- інтелектуальна система балансування навантаження в розподілених мережах;
- прогнозування відмов мережевого обладнання на основі аналізу телеметричних даних;
- розроблення моделі самонавчальної кіберфізичної системи управління виробничими процесами;
- аналіз поведінки IoT-пристроїв із використанням методів кластеризації та виявлення аномалій;
- інтелектуальна оптимізація маршрутизації в SDN-мережах із використанням алгоритмів навчання з підкріпленням;
- розроблення системи адаптивного управління мережевими ресурсами на основі AI;
- використання ансамблевих моделей машинного навчання для аналізу мережевих подій;
- інтелектуальна система моніторингу стану кіберфізичної інфраструктури в режимі реального часу;
- моделювання та аналіз поведінки складних мережевих систем із використанням методів штучного інтелекту.

Примітка. Зазначені напрями можуть комбінуватися між собою, що відповідає міждисциплінарному характеру курсового проєкту та дозволяє формувати комплексні теми, орієнтовані на вирішення актуальних науково-прикладних задач.

1.4 Наукова новизна та практичне значення результатів

Методи дослідження, які використовуються в курсових проєктах, охоплюють комплекс загальнонаукових та спеціалізованих підходів до аналізу, проєктування та моделювання складних інформаційно-комунікаційних систем. Зокрема, застосовується метод аналізу, який передбачає декомпозицію досліджуваної системи (мережі, кіберфізичної системи, IoT-інфраструктури, хмарної або FPGA-архітектури) на окремі функціональні підсистеми з подальшим вивченням їхніх характеристик, взаємодії та параметрів функціонування.

Метод синтезу використовується для об'єднання результатів аналізу в єдину цілісну систему, що дозволяє сформувати нову або вдосконалену архітектуру об'єкта проєктування з урахуванням вимог до продуктивності, масштабованості, надійності та енергоефективності. У межах проєктів також застосовується метод аналогії, який полягає у визначенні подібності між різними сегментами мереж, архітектурами систем або компонентами IoT/CPS на основі їх функціональних характеристик, що дозволяє використовувати відомі рішення для нових задач.

Важливе місце займає метод моделювання, який є ключовим інструментом дослідження складних систем. Предметне моделювання передбачає створення спрощених або масштабованих моделей реальних об'єктів (мережевих сегментів, IoT-вузлів, хмарних або edge-компонентів), що дозволяє досліджувати їх поведінку в контрольованих умовах. Математичне моделювання полягає у формалізації процесів функціонування системи у вигляді математичних моделей, рівнянь або оптимізаційних задач, що дозволяє проводити аналітичну оцінку їх характеристик.

Знакове (символьне) моделювання передбачає використання схем, діаграм, графів, формул та інших формалізованих представлень для опису структури та процесів функціонування системи. Комп'ютерне моделювання реалізується за

допомогою спеціалізованого програмного забезпечення або симуляторів, у яких відтворюється поведінка мереж, кіберфізичних систем, IoT-інфраструктур або обчислювальних архітектур (зокрема SDN, cloud, FPGA або AI-систем) з метою аналізу їх ефективності в різних сценаріях навантаження.

Наукова новизна курсових проєктів може полягати у розробленні нових або вдосконаленні існуючих підходів до проєктування, моделювання та оптимізації складних кіберфізичних, мережевих і обчислювальних систем. Зокрема, це стосується формування узагальнених архітектурних моделей кіберфізичних систем (CPS), що забезпечують інтеграцію фізичних процесів, IoT-пристроїв, хмарних сервісів та інтелектуальних алгоритмів у єдине кероване середовище з підтримкою режиму реального часу.

Новизна може також визначатися розробленням методів багаторівневої інтеграції обчислювальних ресурсів (edge–fog–cloud), які дозволяють оптимізувати розподіл навантаження між хмарною інфраструктурою та периферійними пристроями IoT, з урахуванням затримок, пропускнуої здатності та енергетичних обмежень. У межах наряду важливим є використання методів штучного інтелекту для адаптивного керування мережами, прогнозування навантаження, виявлення аномалій та оптимізації маршрутизації.

Окремим аспектом наукової новизни є застосування теорії синтезу цифрових систем на ПЛІС для створення апаратно-програмних рішень, які забезпечують високопродуктивну обробку потокових даних у реальному часі. Додатково розглядаються нові підходи до оптимізації комп'ютерних мереж, зокрема методи покращення адресації та маршрутизації, інженерії трафіку, а також підвищення ефективності використання ресурсів у сучасних мережах передачі даних (IP/MPLS, Carrier Ethernet, SDN, 5G).

Також наукова новизна може полягати у розробленні моделей та алгоритмів взаємодії між компонентами розподілених систем через хмарні платформи та вебсервіси, що забезпечують масштабованість, відмовостійкість та інтелектуальну обробку даних у реальному часі.

Практичне значення результатів полягає у можливості їх застосування для проектування та реалізації сучасних інформаційно-комунікаційних систем різного рівня складності - від IoT-мереж і кіберфізичних систем до хмарних платформ та телекомунікаційних мереж операторського класу. Отримані результати можуть бути використані для побудови ефективних архітектур CPS із інтеграцією IoT-пристроїв, хмарних сервісів та AI-модулів, що забезпечують моніторинг, аналіз і керування фізичними процесами в реальному часі. У мережевих системах вони дозволяють виконувати розрахунок і оптимізацію пропускнуої здатності каналів зв'язку, затримок, маршрутів передачі даних та навантаження на мережеве обладнання.

У проєктах, пов'язаних із ПЛІС, результати можуть бути використані для розроблення апаратних прискорювачів обробки даних, що підвищують продуктивність систем реального часу. У хмарних технологіях - для проектування масштабованих, відмовостійких і керованих сервісних платформ із автоматичним балансуванням навантаження.

Застосування методів штучного інтелекту дозволяє підвищити адаптивність систем, забезпечити прогнозування стану мереж, виявлення аномалій та оптимізацію ресурсів. У комплексі це забезпечує отримання технічно обґрунтованих рішень, які можуть бути впроваджені в телекомунікаційних мережах, промислових системах, IoT-інфраструктурах та сучасних цифрових платформах.

2 ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ ТА ЗАХИСТУ КУРСОВОГО ПРОЄКТУ

2.1 Вимоги до розділів, оформлення та обсягу пояснювальної записки

До пояснювальної записки включають матеріал, який безпосередньо відноситься до процесу реалізації конкретної мережі або системи, що підлягає проектуванню. Не рекомендується робити великі реферативні огляди. При необхідності, студент повинен зробити посилання на відповідні джерела. Пояснювальну записку оформлюють коли реалізацію проєкту закінчено, всі рішення прийнято, всі деталі є відомими, маємо кінцевий результат і саме його наводимо разом з аргументацією вибору рішень, необхідними розрахунками, схемами, алгоритмами, графіками, таблицями, рисунками та матеріалами, які обґрунтовують прийняті рішення. Рекомендований обсяг кожного розділу наведено нижче. Назви розділів у конкретній роботі можуть відрізнитись в залежності від теми та завдань проектування, послідовність розташування розділів може бути іншою, але в цілому рекомендовано висвітлити всі питання з обраної теми курсового проєкту. Вам наведено узагальнений та науково-уніфікований варіант структури пояснювальної записки, адаптований до різних напрямів курсових проєктів (кіберфізичні системи, IoT, ПЛІС, хмарні технології, мережі передачі даних, оптимізація, системи штучного інтелекту):

У рефераті студент наводить мету роботи (проектування або дослідження), об'єкт і предмет дослідження, а також характеризує використані технології, методи, програмно-апаратні засоби, протоколи та стандарти (залежно від напрямку: мережеві технології, IoT-протоколи, хмарні сервіси, FPGA-рішення, алгоритми штучного інтелекту тощо). Також зазначаються ключові слова та обсяг пояснювальної записки. Реферат оформлюється на завершальному етапі виконання роботи (обсягом до 1 сторінки).

У вступі обґрунтовується актуальність обраної теми відповідно до сучасних тенденцій розвитку інформаційно-комунікаційних технологій,

кіберфізичних систем, IoT, хмарних обчислень або інтелектуальних систем. Наводяться методи дослідження, а також коротко описується структура роботи із зазначенням змісту основних розділів. Вступ має бути стислим (1-2 сторінки) та чітко відображати сутність дослідження і логіку проектування.

У першому розділі (5-6 сторінок) виконується аналіз технічного завдання або предметної області. Розглядаються особливості об'єкта проектування (мережі, IoT-системи, кіберфізичної системи, хмарної або FPGA-архітектури), аналізуються підходи, технології та рішення. Залежно від напрямку можуть визначатися параметри навантаження (трафік, обсяги даних, обчислювальні ресурси), топологія, модель або структура системи. Формулюється уточнене технічне завдання та перелік задач, які підлягають вирішенню в процесі виконання проекту, з оформленням відповідно до встановлених вимог.

У другому розділі (6-7 сторінок) здійснюється проектування архітектури системи. Розробляється структурна, функціональна та логічна модель, визначається розміщення основних компонентів (мережевих вузлів, IoT-пристроїв, серверів, edge- або cloud-компонентів, FPGA-модулів тощо). Виконується вибір і обґрунтування технологій реалізації, описуються принципи побудови окремих підсистем та їх взаємодія. За необхідності виконується просторова або логічна прив'язка елементів системи.

У третьому розділі (8-10 сторінок) розглядається проектування та реалізація підсистем. Виконується вибір конкретних технічних або програмних засобів, розробляються алгоритми функціонування (маршрутизації, обробки даних, керування, аналізу), здійснюються необхідні розрахунки параметрів системи (продуктивності, затримок, пропускної здатності, енергоспоживання тощо). Для відповідних напрямів можуть розглядатися питання синтезу цифрових систем на ПЛІС, реалізації мікросервісної архітектури, обробки даних IoT або застосування алгоритмів штучного інтелекту. Також виконується моделювання та дослідження системи на основі комп'ютерної симуляції.

У четвертому розділі (5-7 сторінок) розглядаються питання інтеграції системи з зовнішнім середовищем, її експлуатації та безпеки. Описуються

механізми підключення до глобальних мереж або хмарних сервісів, організація доступу користувачів, налаштування взаємодії компонентів. Значна увага приділяється забезпеченню інформаційної та мережевої безпеки, захисту даних, надійності та відмовостійкості системи. За потреби розглядаються питання адміністрування, моніторингу та масштабування.

У висновках (1-2 сторінки) узагальнюються результати виконаного проєкту, формулюються основні наукові та практичні досягнення, наводяться оцінки ефективності запропонованих рішень. Зазначаються використані технології, методи, обладнання, протоколи та програмні засоби, а також можливі напрями подальшого розвитку або вдосконалення системи.

Оформлення записки здійснюється у відповідності до діючих стандартів: ДСТУ 3008:2015 «Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання» [10]; Єдина Система Конструкторської Документації (ЄСКД). Бібліографічні описи в переліку посилань наводять відповідно до чинних стандартів з бібліотечної та видавничої справи відповідно ДСТУ 8302:2015 «Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання» [11]. До пояснювальної записки додаються графічні матеріали у вигляді не менше двох креслень або плакатів формату А4 або А3, склад яких визначається з урахуванням обраного напрямку проєктування (мережі передачі даних, IoT, кіберфізичні системи, хмарні платформи, FPGA або системи штучного інтелекту). Обов'язково подаються структурна схема системи (мережі) або функціональна схема, яка відображає логіку взаємодії її компонентів, а також схема реалізації, яка деталізує фізичне або логічне розгортання елементів системи. Графічні матеріали повинні відображати особливості інфраструктури, включаючи прокладання каналів зв'язку (для мережевих проєктів), розміщення обладнання, взаємозв'язки між вузлами та специфіку реалізації окремих підсистем. Усі схеми мають бути виконані з дотриманням вимог стандартів оформлення, містити необхідні пояснення, умовні позначення та забезпечувати повне розуміння принципів побудови і функціонування проєктованої системи.

Загальний обсяг ПЗ – 30-35 сторінок (не рекомендовано обсяг більший за 40 сторінок), причому основна її частина, має містити не менш ніж 20-25 сторінок тексту з рисунками.

2.2 Порядок захисту курсового проєкту

Призначенням захисту курсового проєкту є оцінювання складності та повноти виконаних робіт із розв’язання поставлених завдань, рівня теоретичної підготовки здобувача, його практичних навичок, а також ступеня самостійності під час проєктування та дослідження систем різного типу. Захист проводиться згідно з установленим графіком у присутності комісії, до складу якої входять не менше двох викладачів, один із яких є керівником курсового проєкту. Тривалість доповіді - 4-5 хвилин. У межах доповіді студент повинен стисло викласти мету та основні завдання проєкту (до 1 хвилини), охарактеризувати виконані етапи дослідження та проєктування, обґрунтувати вибір архітектурних рішень, технологій, методів і засобів реалізації (2-3 хвилини), а також сформулювати основні висновки та отримані результати (близько 1 хвилини).

Під час виступу необхідно зосередитися виключно на власних результатах, аргументовано пояснювати прийняті технічні рішення, зокрема вибір технологій (мережевих, хмарних, IoT, FPGA або AI), методів моделювання та оптимізації, а також підходів до забезпечення ефективності, надійності та безпеки системи. Бажано використовувати графічні матеріали (схеми, діаграми, моделі) для ілюстрації основних положень доповіді. Після завершення доповіді члени комісії (а також, за необхідності, інші присутні) можуть ставити запитання з метою перевірки рівня підготовки студента та глибини розуміння ним предметної області. Відповіді на запитання повинні бути чіткими, лаконічними та аргументованими.

2.3 Вимоги до оформлення пояснювальної записки

Пояснювальна записка до курсового проекту оформлюється відповідно до діючих стандартів на оформлення програмної, текстової та графічної та бібліографічної документації [12]. Рамка використовується тільки для креслень в ній визначається децимальний номер курсового проекту та номер листа (сторінки) пояснювальної записки, написаний арабськими цифрами (є не обов'язковою для використання). Децимальний номер має структуру:

XX.XXXXXXXXXX.XXXXX XX, де:

1 2 3 4

- 1 - шифр держави (для України – 13);
- 2 - шифр навчального закладу (для університету – 02070849);
- 3 - номер групи + номер студента в групі;
- 4 - літерно-цифровий шифр документу.

Для структурної схеми курсового проекту студента групи КНТ-516м з номером студента в групі - 8, децимальний номер - 13.02070849.51608 E1.

Всі перші сторінки до розділів «Реферат» або «Вступ» пояснювальної записки не нумерується. Обов'язковими за стандартом є перша (титульний лист), друга та третя (технічне завдання), четверта (реферат), п'ята (зміст), шоста (вступ) та в кінці проекту: висновки, перелік джерел посилання. Останні сторінки, у вигляді додатків - обов'язкові креслення та схеми (модель, алгоритм) мережі.

2.4 Вимоги до оформлення графічних документів та схем

Графічні матеріали оформлюються на аркушах формату А4 або А3 та подаються у додатках пояснювальної записки у вигляді рисунків. Кількість,

склад і зміст графічних документів визначаються студентом спільно з керівником проєкту з урахуванням обраного напрямку (мережі передачі даних, IoT, кіберфізичні системи, хмарні технології, FPGA або системи штучного інтелекту) та специфіки теми, із дотриманням загальних рекомендацій методичних вказівок. Рекомендований обсяг графічної частини становить 2-3 аркуші. Графічні документи можуть включати як плакати ілюстраційного характеру (виконані у довільному стилі), так і креслення, які оформлюються відповідно до чинних стандартів.

Схеми, які використовуються у курсових проєктах, класифікуються за складом елементів і характером зв'язків між ними та застосовуються залежно від напрямку дослідження (мережі передачі даних, IoT, кіберфізичні системи, хмарні сервіси, FPGA або системи штучного інтелекту). Зокрема, структурна схема (E1) визначає основні складові об'єкта проєктування (підсистеми, модулі, вузли) та їх взаємозв'язки, відображаючи загальну архітектуру системи. Функціональна схема (E2) призначена для пояснення процесів, що відбуваються в окремих частинах або в системі в цілому, і демонструє логіку її функціонування, потоки даних або керуючих сигналів. Принципова (повна) схема (E3) містить детальне представлення складу елементів і зв'язків між ними, що дозволяє зрозуміти принципи роботи системи або окремих її компонентів (зокрема апаратних або FPGA-рішень). Схема з'єднань (монтажна) (E4) відображає фізичні або логічні з'єднання між складовими частинами системи, включаючи кабелі, канали зв'язку, інтерфейси або програмні зв'язки, а також місця їх підключення. Схема підключення (E5) демонструє зовнішні зв'язки об'єкта проєктування із суміжними системами, користувачами або сервісами, включаючи підключення до мережі Інтернет, хмарної інфраструктури або інших компонентів середовища. Використання цих типів схем забезпечує комплексне та формалізоване представлення структури, функціонування та реалізації проєктованої системи незалежно від її прикладної області.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Киричек Г.Г. Конспект лекцій з дисципліни «Методи оптимізації комп'ютерних мереж» для магістрів спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія, освітня програма «Комп'ютерні системи та мережі», усіх форм навчання. Запоріжжя: Національний університет «Запорізька політехніка», 2025. 38 с.
2. Тягунова М.Ю. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Основи теорії інтелектуальних систем» для студентів спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія за освітньою програмою «Комп'ютерні системи та мережі» денної форми навчання. Запоріжжя: Національний університет «Запорізька політехніка», 2024. 42 с.
3. Грудзинський Ю.Є. Технології сучасних кіберфізичних систем. Навчальний посібник. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 327 с.
4. Carthern, C., Wilson, W., Rivera, N., Bedwell, R. Cisco Networks: Engineers' Handbook of Routing, Switching, and Security with IOS, NX-OS, and ASA. Apress, 2021. 1073 p.
5. Linthicum D. Insider's Guide to Cloud Computing. Addison-Wesley Professional, 2023. 288 p.
6. Kubica, M., Opara, A., Kania, D. Technology Mapping for LUT-Based FPGA. Lecture Notes in Electrical Engineering; Springer:Cham, Switzerland, 2021. 207 p.
7. Greetgard S. The internet of things. MIT Press, 2021. 288 p.
8. Nayan B. Ruparelia Cloud Computing. MIT Press, 2023. 304 p.
9. Бочкарьов О.Ю., Голембо В.А. Парамуд Я.С., Яцук В.О. Кіберфізичні системи: технології збору даних. Львів : «Магнолія 2006», 2024. 176 с.
10. ДСТУ 3008:2015 Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлення. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 26 с. URL: https://science.kname.edu.ua/images/dok/derzhstandart_3008_2015.pdf (дата звернення: 15.04.2026).

11. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічні посилання. Загальні положення та правила складання. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 16 с. URL: <https://ivt.kpi.ua/wp-content/uploads/2025/08/dstu-8302-2015.pdf> (дата звернення: 15.04.2026).

12. Бланкова документація. URL: <https://zp.edu.ua/studentam/blankova-dokumentacija/> (дата звернення: 15.04.2026).